

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-152047

(43)Date of publication of application : 31.05.1994

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 04-294301

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 02.11.1992

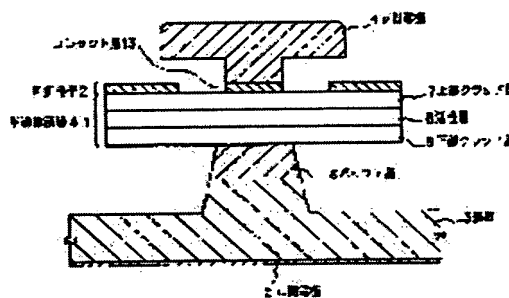
(72)Inventor : NAKANO YOSHINORI

(54) SURFACE EMITTING SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a surface emitting semiconductor laser device wherein a DBR of poor yield is not required and a fine size can be expected.

CONSTITUTION: In a semiconductor laser device which has an active layer 8 wherein a circular or a polygonal heterojunction is formed, a circular or polygonal upper clad layer 7 and a lower clad layer 9 provided up and down the active layer 8, and wherein an optical resonator is formed along a peripheral part of the upper clad layer 7, laser light can be emitted in a direction vertical to a substrate 3 by forming a secondary diffraction grating 2 on a surface of the upper clad layer 7 in a vertical direction to a peripheral part of the upper clad layer 7.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

.application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Circular or field luminescence mold semiconductor laser equipment of the barrier layer which forms a polygon-like heterojunction, and this barrier layer which was formed up and down and which is characterized by circular or forming the secondary diffraction grating in the front face of said up cladding layer in the perpendicular direction to the periphery of this up cladding layer in the semiconductor laser equipment with which it has polygon-like an up cladding layer and a lower cladding layer, and the optical resonator is formed along with the periphery of said up cladding layer.

[Claim 2] Field luminescence mold semiconductor laser equipment according to claim 1 characterized by having the structure where periodicity differs in a part of secondary diffraction grating [at least].

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the field luminescence mold semiconductor laser equipment which carries out outgoing radiation of the laser beam in the perpendicular direction to a substrate.

[0002]

[Description of the Prior Art] As conventional field luminescence mold semiconductor laser equipment, the DBR (Distributed Bragg Reflector) form face luminescence laser with which the resonator was formed in the direction of a laminating of a semi-conductor with the cylinder structure of the diameter of several micrometers is reported. By the laser of this structure, since cavity length consists of wavelength order, the high reflection factor near 100% is required of a reflecting mirror. Therefore, it is necessary 20 to 40 pair by DBR by the side of a substrate, and DBR of the structure which repeated the semi-conductor layer by turns by the thickness of $\lambda/4n$ (n is a refractive index and λ is wavelength) is [10 - 25 pair] necessary by the air side, when GaAs/AlAs is used. As thickness of each field at this time, it is 1.5-6 micrometers, and on the other hand, since the thickness of a barrier layer is about -60nm, component length is almost decided by the die length of DBR.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since the growth rate by MOCVD growth is 0.2 - 2.0 micrometer/H, also in order to form the DBR field of one side, 4 - 5 hours is needed. Since the thickness of each semi-conductor layer which constitutes DBR, and fluctuation of a presentation are sensitively reflected as a property of the Fabry-Perot resonator formed by both DBR(s), as for a laser property, fluctuation near the equipment engine performance also deteriorates greatly. For this reason, the establishment of the growth approach which operates with sufficient homogeneity to stability over long duration is indispensable to production of highly efficient DBR form face luminescence laser, and was not able to tell it that the present condition was not necessarily enough as the production yield of a good component.

[0004] This invention does not need DBR with bad ***** in view of said conventional trouble, but it aims at offering the field luminescence mold semiconductor laser equipment which can moreover expect minute size-ization.

[0005]

[Means for Solving the Problem] In order to attain said purpose in this invention, in claim 1 It has the up cladding layer and lower cladding layer of the shape of circular, the barrier layer which forms a polygon-like heterojunction and the round shape in which this barrier layer was prepared up and down, or a polygon. In the semiconductor laser equipment with which the optical resonator is formed along with the periphery of said up cladding layer In the field luminescence mold semiconductor laser equipment which formed the secondary diffraction grating in the front face of said up cladding layer in the perpendicular direction to the periphery of this up cladding layer, and claim 2 The field luminescence mold semiconductor laser equipment according to claim 1 which has the structure where

periodicity differs in a part of secondary diffraction grating [at least] is proposed.

[0006]

[Function] When a semi-conductor thin film is placed into a low refractive-index medium and light spreads the inside of the thin film, the propagating mode in alignment with the periphery of this semi-conductor thin film, i.e., whispering-gallery mode, exists (Electronics Lett.vol.28, 17, 1992). If a carrier is generated in a barrier layer by approaches, such as optical pumping or current impregnation, using the semi-conductor layered product which consists of a barrier layer and a cladding layer as a semi-conductor thin film, the light wave by the whispering-gallery mode which circles right and left will occur. This invention prepares the concave convex groove which has a slot in the perpendicular direction to the boundary of a semi-conductor layered product and a low refractive-index medium in the front face of the cladding layer of a semi-conductor layered product, and uses it as a diffraction grating, these periods are set up so that it may become the secondary degree, and the laser beam which carries out outgoing radiation in the perpendicular direction to the front face of a semi-conductor layered product according to the DFB (DistributedFeedback) effectiveness is obtained.

[0007] In the case of circumference form laser like this invention, when the periodicity of a diffraction grating is kept perfect over the periphery, there is no reflector. The light wave which circles right and left spreads oscillation mode by the opposite phase mutually, and it turns into the mode which each negates mutually as a result of optical coupling. For this reason, the optical output to a perpendicular direction becomes very small to the front face of a semi-conductor layered product. Then, the grid of a different specification from the configuration expected from periodicity is arranged, phase contrast is produced and reflection is made to cause in the train of the diffraction grating arranged regularly in invention of claim 2 between the revolution light of the right and left which pass through this field. Thus, it enables it to obtain a laser output efficiently in the perpendicular direction to a semi-conductor layered product as a result of the optical coupling by DFB by making into an effectual reflector the field which carries out the turbulence of the regularity.

[0008]

[Example] Drawing 1 shows one example of the field luminescence mold semiconductor laser equipment of this invention, and, for a diffraction grating and 3, as for p lateral electrode and 5, a substrate and 4 are [one / a semi-conductor layered product and 2 / n lateral electrode and 6] buffer layers among drawing.

[0009] The semi-conductor layered product 1 consists of the up cladding layer 7 of a non dope which made the disk configuration with an outer diameter [ϕ] of 10 micrometers, a barrier layer 8, and a lower cladding layer 9, and each detail is as follows.

[0010]

[Table 1]

	層厚 (μm)	図 1 中 の符号
InGaAsP (1.3 μm組成)	0.1	7
InGaAs (1.68 μm組成)	0.01	8
InGaAsP (1.3 μm組成)	0.015	
InGaAs (1.68 μm組成)	0.01	
InGaAsP (1.3 μm組成)	0.015	
InGaAs (1.68 μm組成)	0.01	
InGaAsP (1.3 μm組成)	0.015	
InGaAs (1.68 μm組成)	0.01	
InGaAsP (1.3 μm組成)	0.1	9

The top view in the condition that drawing 2 removed the p lateral electrode 4, and drawing 3 are perspective views, and the diffraction grating 2 consists of outer-diameter 10micrometerphi formed on the up cladding layer 7, bore 8micrometerphi, the InGaAsP layer field 10 of the sector of seven central angles, an InGaAsP layer removal field 11 of the sector of seven central angles, and a reflector formation field 12 of 17 central angles. In addition, the central InGaAsP layer field (outer-diameter 6micrometerphi) is functioning as a contact layer 13 which reduces the contact resistance to the p lateral electrode 4. As an InGaAsP layer which constitutes said diffraction grating 2 and the contact layer 13, 0.02 micrometers of thickness and the InGaAsP layer of 1.5-micrometer presentation of carrier consistency $p=2 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ are used.

[0011] The substrate 3 consists of an InP substrate of carrier consistency $n=3 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$. Moreover, the p side substrate 4 and the n side substrate 5 consist of Cr/Au and AuGeNi, respectively. Moreover, the buffer layer 6 consists of 0.5 micrometers of thickness, and an InP layer of carrier consistency $n=2 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$.

[0012] The semi-conductor layered product 1 which consists of the up cladding layer 7, the barrier layer 8, and the lower cladding layer 9 which were mentioned above is formed by the MOCVD grown method as a crystal of 11 layer structures on a substrate 3 with a buffer layer 6 at the InGaAsP layer list which constitutes a diffraction grating 2 and the contact layer 13.

[0013] to said crystal, first, the production procedure of said field luminescence mold semiconductor laser equipment forms the (1) n lateral electrode 5, produces the (2) diffraction grating 2, forms the (3) p lateral electrode 4, forms (4) active regions, and carries out selective etching of the (5) InP field to the last -- it comes out.

[0014] Specifically, the n lateral electrode 5 vapor-deposits and forms AuGeNi, after grinding a substrate 3. After a diffraction grating 2 forms in the front face of the InGaAsP layer of 1.5-micrometer presentation a pattern which was mentioned above, using the fully cooled sulfuric-acid system etchant, using the etching rate difference by presentation with the InGaAsP layer of 1.3-micrometer presentation which constitutes the up cladding layer 7, it etches only the InGaAsP layer of 1.5-micrometer presentation into it alternatively, and forms it in it. The p lateral electrode 4 is formed in a mushroom configuration by the lift-off method by the two-layer resist using Cr/Au. In addition, the upside electrode field was set to about 8micrometerphi. By using a resist as a mask, by Fukashi who reaches a substrate 3 using RIE of a chlorine system, dry processing of the active region is carried out, and it is formed. Etching of an InP field is formed in a gun trapezoid by removing only an InP field alternatively using chlorine-based etchant.

[0015] In said configuration, 2.945 and the effective refractive index of the field 11 which is equivalent to a crevice on the other hand of the effective refractive index of the field 10 with the InGaAsP layer of 1.5-micrometer presentation equivalent to the heights of a diffraction grating 2 are 2.903. As mentioned above, when light with a wavelength of 1.55 micrometers spreads the waveguide of the shape of a ring by which the field where refractive indexes differ slightly has been arranged by turns with outer-diameter 10micrometerphi and the sector of seven central angles, the secondary diffraction happens. the diffraction grating of the depth whose coupling constant kappa of this example is about 0.02 micrometers since a perimeter is air ($n=1$) -- about 950 -- it is cm-1, and as bond strength kappaL in alignment with a disk periphery, it is estimated as about 2.7, and can fully expect as DFB (Distributed Feedback) laser. Moreover, by forming the reflector formation field 12 of the sector of 17 central angles, when the light which circles in this field right and left passed, phase contrast arose, and it functioned as a reflector, and the laser beam was obtained perpendicularly.

[0016] Laser oscillation was obtained when the equipment of said example was made to drive by the pulse input of a duty ratio 1000:1 in a room temperature. The threshold current was 5mA. The highest peak optical output was about 1mW, and differential quantum efficiency was 12%. Main wavelength was 1.550 micrometers and the oscillation spectrum was a single mode. The full width at half maximum of the beam for which it asked from the far field pattern was about 10 degrees.

[0017] In addition, although the periodicity of a diffraction grating 2 is broken down and effectiveness is raised in said example, even if it does not break down periodicity, it is as the term of an operation having described to carry out laser oscillation.

[0018] If a concave convex groove is prepared in the front face of a semi-conductor layered product and the secondary diffraction grating is formed along with a periphery as mentioned above, the laser oscillation by DFB in which the revolution light of right and left by whispering-gallery mode carries out optical coupling will happen. At this time, the semiconductor laser of the field luminescence mold which carries out outgoing radiation of the laser beam in the perpendicular direction to a substrate by preparing the reflector formation field which disturbs the periodicity of refractive-index distribution to a part of these diffraction gratings is realizable.

[0019] Moreover, although said example explained the case where a semi-conductor layered product was circular, if the resonator of a circumference form is formed, the same effectiveness will be acquired also with a polygon. What is necessary is just to form a concave convex groove perpendicularly to an optical path at this time. Moreover, although the reflector was formed in said example by forming the sector from which a central angle differs, the same effectiveness is acquired even if it forms a reflector by forming the field which made other goods deposit on a front face alternatively, or it changes the thickness of concave heights. Moreover, although the InP substrate is used in said example, even when a silicon substrate is used, the same effectiveness is acquired only by enlarging buffer layer thickness enough. Although said example described the InP system crystal, when a GaAs system crystal also devises the configuration of a semi-conductor layered product, the main point of this invention can be applied fundamentally further again.

[0020]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, circular or the barrier layer

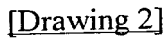
which forms a polygon-like heterojunction, On the front face of the up cladding layer of a semiconductor layered product in which this barrier layer was prepared up and down and which consists of the up cladding layer and lower cladding layer of the shape of circular or a polygon DBR with ***** bad [that the secondary diffraction grating may only be formed in the perpendicular direction] is not needed to the periphery of this up cladding layer, but the field luminescence mold semiconductor laser equipment which can moreover expect minute size-ization can be realized.

[Translation done.]

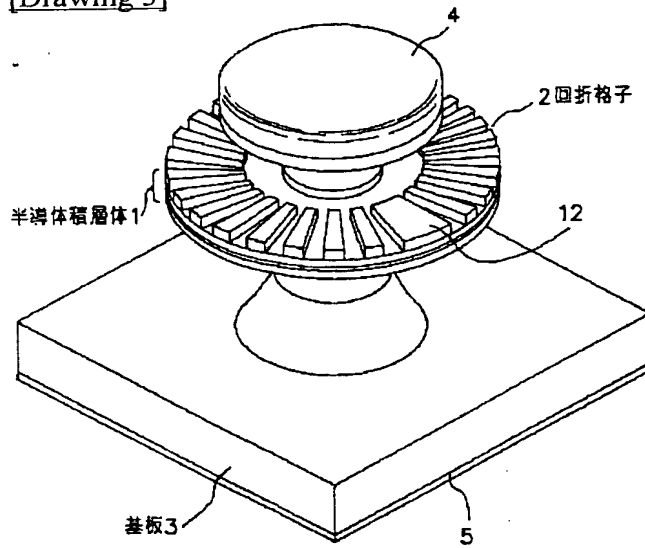
JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

[Drawing 1]



[Drawing 3]



[Translation done.]

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 06152047
PUBLICATION DATE : 31-05-94

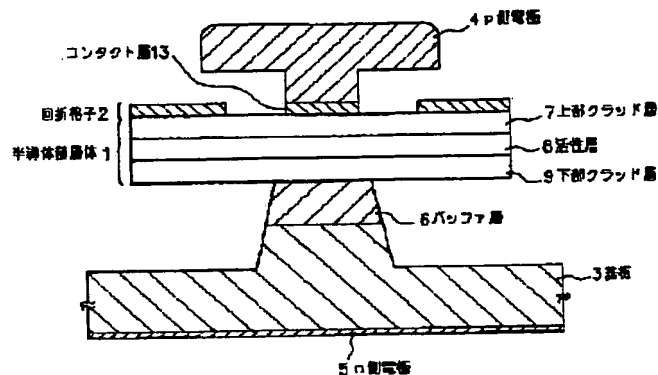
APPLICATION DATE : 02-11-92
APPLICATION NUMBER : 04294301

APPLICANT : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>;

INVENTOR : NAKANO YOSHINORI;

INT.CL. : H01S 3/18

TITLE : SURFACE EMITTING
SEMICONDUCTOR LASER DEVICE



ABSTRACT : PURPOSE: To provide a surface emitting semiconductor laser device wherein a DBR of poor yield is not required and a fine size can be expected.

CONSTITUTION: In a semiconductor laser device which has an active layer 8 wherein a circular or a polygonal heterojunction is formed, a circular or polygonal upper clad layer 7 and a lower clad layer 9 provided up and down the active layer 8, and wherein an optical resonator is formed along a peripheral part of the upper clad layer 7, laser light can be emitted in a direction vertical to a substrate 3 by forming a secondary diffraction grating 2 on a surface of the upper clad layer 7 in a vertical direction to a peripheral part of the upper clad layer 7.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-152047

(43) 公開日 平成6年(1994)5月31日

(51) Int.Cl.⁵

H01S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F 1

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平4-294301

(22) 出願日 平成4年(1992)11月2日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 中野 好典

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

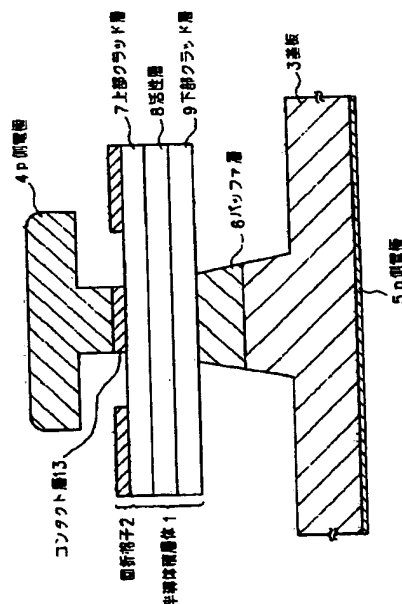
(74) 代理人 弁理士 吉田 精孝

(54) 【発明の名称】 面発光型半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【目的】 歩溜りの悪いDBRを必要とせず、しかも微小サイズ化が期待できる面発光型半導体レーザ装置を提供する。

【構成】 円形もしくは多角形状のヘテロ接合を形成する活性層8と、該活性層8の上下に設けられた円形もしくは多角形状の上部クラッド層7及び下部クラッド層9とを有し、前記上部クラッド層7の周辺部に沿って光共振器が形成されている半導体レーザ装置において、前記上部クラッド層7の表面に該上部クラッド層7の周辺部に対して垂直な方向に2次の回折格子2を形成することにより、基板3に対して垂直な方向にレーザ光を出射可能とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 円形もしくは多角形状のヘテロ接合を形成する活性層と、該活性層の上下に設けられた円形もしくは多角形状の上部クラッド層及び下部クラッド層とを有し、前記上部クラッド層の周辺部に沿って光共振器が形成されている半導体レーザ装置において、

前記上部クラッド層の表面に該上部クラッド層の周辺部に対して垂直な方向に2次の回折格子を形成したことを特徴とする面発光型半導体レーザ装置。

【請求項2】 2次の回折格子の少なくとも一部に周期性の異なる構造を有することを特徴とする請求項1記載の面発光型半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、基板に対して垂直な方向にレーザ光を出射する面発光型半導体レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の面発光型半導体レーザ装置としては、数 μm 径の円柱構造で半導体の積層方向に共振器が形成されたDBR (Distributed Bragg Reflector) 形面発光レーザが報告されている。この構造のレーザでは共振器長が波長オーダーで構成されるため、反射鏡に100%に近い高反射率が要求される。従って、半導体層を $\lambda/4n$ (n は屈折率、 λ は波長)の厚さで交互に繰り返した構造のDBRは、GaAs/AlAsを使用した場合、基板側のDBRで20~40ペア、空気側で10~25ペア必要となる。この時の各領域の層厚としては、1.5~6 μm であり、一方、活性層の層厚は~60nm程度であるため、素子長はほとんどDBRの長さで決まる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】MOCVD成長による成長速度は、0.2~2.0 $\mu\text{m}/\text{H}$ であるため、片側のDBR領域を形成するためにも4~5時間が必要となる。DBRを構成する各半導体層の層厚、組成の変動は、両方のDBRで形成されるファブリペロー共振器の特性として敏感に反映されるため、装置性能に近い変動でもレーザ特性は大きく劣化する。このため、高性能なDBR形面発光レーザの作製には、長時間に渡って均一性良くかつ安定に動作する成長方法の確立が不可欠であり、現状では良好な素子の作製歩留りは必ずしも充分といえなかった。

【0004】本発明は前記従来の問題点に鑑み、歩留りの悪いDBRを必要とせず、しかも微小サイズ化が期待できる面発光型半導体レーザ装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明では前記目的を達成するため、請求項1では、円形もしくは多角形状のヘ

テロ接合を形成する活性層と、該活性層の上下に設けられた円形もしくは多角形状の上部クラッド層及び下部クラッド層とを有し、前記上部クラッド層の周辺部に沿って光共振器が形成されている半導体レーザ装置において、前記上部クラッド層の表面に該上部クラッド層の周辺部に対して垂直な方向に2次の回折格子を形成した面発光型半導体レーザ装置、また、請求項2では、2次の回折格子の少なくとも一部に周期性の異なる構造を有する請求項1記載の面発光型半導体レーザ装置を提案する。

【0006】

【作用】半導体薄膜が低屈折率媒質中に置かれ、その薄膜中を光が伝搬する時は、該半導体薄膜の周辺部に沿った伝搬モード、即ちwhispering-galleryモードが存在する (Electronics Lett. vol.28, 17, 1992)。半導体薄膜として活性層及びクラッド層からなる半導体積層体を用いて、光励起あるいは電流注入等の方法で活性層中にキャリアを生成すると、左右に旋回するwhispering-galleryモードによる光波が発生する。本発明は、半導体積層体のクラッド層の表面に、半導体積層体と低屈折率媒質との境界に対して垂直な方向に溝を有する凹凸溝を設けて回折格子とし、これらの周期を2次の次数となるように設定し、DFB (Distributed Feedback) 効果によって半導体積層体の表面に対して垂直な方向に出射するレーザ光を得るようにしたものである。

【0007】本発明のような周回形レーザの場合、回折格子の周期性が周辺部に渡って完全に保たれている時には反射面がない。発振モードは左右に旋回する光波が互いに逆位相で伝搬し、光結合の結果として互いが打ち消し合うモードとなる。このため、半導体積層体の表面に対して垂直な方向への光出力は非常に小さくなる。そこで、請求項2の発明では、規則正しく配置された回折格子の列の中に、周期性から予想される形状とは異なる仕様の格子を配置し、この領域を通過する左右の旋回光の間に位相差を生じさせて反射を起こさせる。このように規則性を擾乱させる領域を実効的な反射面とすることで、DFBによる光結合の結果として、半導体積層体に対して垂直な方向に効率良くレーザ出力を得ることができるようにしたものである。

【0008】

【実施例】図1は本発明の面発光型半導体レーザ装置の一実施例を示すもので、図中、1は半導体積層体、2は回折格子、3は基板、4はp側電極、5はn側電極、6はパッファ層である。

【0009】半導体積層体1は、外径10 μm φの円盤形状をなした、ノンドープの上部クラッド層7、活性層8及び下部クラッド層9からなっており、それぞれの詳細は以下の通りである。

【0010】

〔表1〕

	層厚 (μm)	図1中 の符号
InGaAsP (1.3 μm 組成)	0.1	7
InGaAs (1.68 μm 組成)	0.01	8
InGaAsP (1.3 μm 組成)	0.015	
InGaAs (1.68 μm 組成)	0.01	
InGaAsP (1.3 μm 組成)	0.015	
InGaAs (1.68 μm 組成)	0.01	
InGaAsP (1.3 μm 組成)	0.015	
InGaAs (1.68 μm 組成)	0.01	9
InGaAsP (1.3 μm 組成)	0.1	

図2はp側電極4を取り除いた状態の平面図、図3は斜視図であり、回折格子2は上部クラッド層7上に形成された、外径10 μm φ、内径8 μm φ、中心角7度の扇形のInGaAsP層領域10、中心角7度の扇形のInGaAsP層除去領域11及び中心角17度の反射面形成領域12からなっている。なお、中央のInGaAsP層領域(外径6 μm φ)はp側電極4に対する接触抵抗を低減するコンタクト層13として機能している。前記回折格子2及びコンタクト層13を構成するInGaAsP層としては、層厚0.02 μm 、キャリア密度 $p=2 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ の1.5 μm 組成のInGaAsP層が用いられる。

【0011】基板3はキャリア密度 $n=3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ のInP基板からなっている。また、p側基板4及びn側基板5はそれぞれCr/Au及びAuGeNiからなっている。また、バッファ層6は層厚0.5 μm 、キャリア密度 $n=2 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ のInP層からなっている。

【0012】前述した上部クラッド層7、活性層8及び下部クラッド層9からなる半導体積層体1は、回折格子2及びコンタクト層13を構成するInGaAsP層並びにバッファ層6とともに、基板3上に11層構造の結晶としてMOCVD成長法により形成される。

【0013】前記面発光型半導体レーザ装置の作製手順は、前記結晶に対し、まず、(1) n側電極5を形成し、(2) 回折格子2を作製し、(3) p側電極4を形成し、(4) 活性領域を形成し、最後に(5) InP領域を選択エッチングする、である。

【0014】具体的には、n側電極5は基板3を研磨した後、AuGeNiを蒸着して形成する。回折格子2は1.5 μm 組成のInGaAsP層の表面に、前述したようなパターンを形成した後、十分に冷却した硫酸系エッチャントを用いて、上部クラッド層7を構成する1.3 μm 組成のInGaAsP層との組成によるエッチングレート差を利用して、1.5 μm 組成のInGaAsP層だけを選択的にエッチングして形成する。p側電極4はCr/Auを用いて、2層レジストによるリフトオフ法でマッシュルーム形状に形成する。なお、上部の電極領域は約8 μm φとした。活性領域はレジストをマスクとして、塩素系のRIEを用いて基板3に達する深さまでドライ加工して形成する。InP領域のエッチングは塩素系エッチャントを用いて、InP領域だけを選択的に除去することにより砲台形に形成する。

【0015】前記構成において、回折格子2の凸部に相当する1.5 μm 組成のInGaAsP層がある領域10の等価屈折率は2.945、一方、凹部に相当する領

5

域11の等価屈折率は2.903である。前述したように外径 $10\mu\text{m}$ 、中心角7度の扇形で、屈折率が僅かに異なる領域が交互に配置されたリング状の導波路を波長 $1.55\mu\text{m}$ の光が伝搬する時、2次の回折が起こる。本実施例の結合定数 κ は周囲が空気($n=1$)であるため、約 $0.02\mu\text{m}$ の深さの回折格子で約 950cm^{-1} であり、円盤周辺部に沿った結合強度 κL としては約2.7と見積られ、DFB (Distributed Feedback) レーザとして十分に期待できる。また、中心角17度の扇形の反射面形成領域12を形成することにより、この領域を左右に旋回する光が通過する時に位相差が生じ、反射面として機能して垂直方向にレーザ光が得られた。

【0016】前記実施例の装置を室温中でデューティ比1000:1のパルス入力で駆動させた時、レーザ発振が得られた。しきい電流は5mAであった。最高ピーク光出力は約1mWであり、微分量子効率12%であった。発振スペクトルは中心波長が $1.550\mu\text{m}$ で、単一モードであった。遠視野像から求めたビームの半値全幅は約10度であった。

【0017】なお、前記実施例では回折格子2の周期性をくずして効率を上げているが、周期性をくずさなくてもレーザ発振することは作用の項で述べた通りである。

【0018】前述したように、半導体積層体の表面に凹凸溝を設け、周辺部に沿って2次の回折格子を形成すると、whispering-galleryモードによる左右の旋回光が光結合するDFBによるレーザ発振が起こる。この時、これらの回折格子の一部に、屈折率分布の周期性を乱す反射面形成領域を設けることで、基板に対して垂直な方向にレーザ光を出射する面発光型の半導体レーザが実現できる。

【0019】また、前記実施例では、半導体積層体が円形の場合について説明したが、周回形の共振器が形成されていれば、多角形でも同様な効果が得られる。この

6

時、凹凸溝は光路に対して垂直方向に形成すれば良い。また、前記実施例では、中心角の異なる扇形を形成することにより反射面を形成したが、凹凸部の層厚を変える又は他の物資を表面に選択的に堆積させた領域を形成することにより、反射面を形成しても同様な効果が得られる。また、前記実施例ではInP基板を用いているが、シリコン基板を用いた場合でもバッファ層の厚さを充分大きくするだけで同様な効果が得られる。さらにまた、前記実施例ではInP系結晶について述べたが、GaAs系結晶でも半導体積層体の構成を工夫することにより、本発明の主旨は基本的に適用できる。

【0020】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、円形もしくは多角形状のヘテロ接合を形成する活性層と、該活性層の上下に設けられた円形もしくは多角形状の上部クラッド層及び下部クラッド層とからなる半導体積層体の上部クラッド層の表面に、該上部クラッド層の周辺部に対して垂直な方向に2次の回折格子を形成するのみで良く、歩留りの悪いDBRを必要とせず、しかも微小サイズ化が期待できる面発光型半導体レーザ装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の面発光型半導体レーザ装置の一実施例を示す断面図

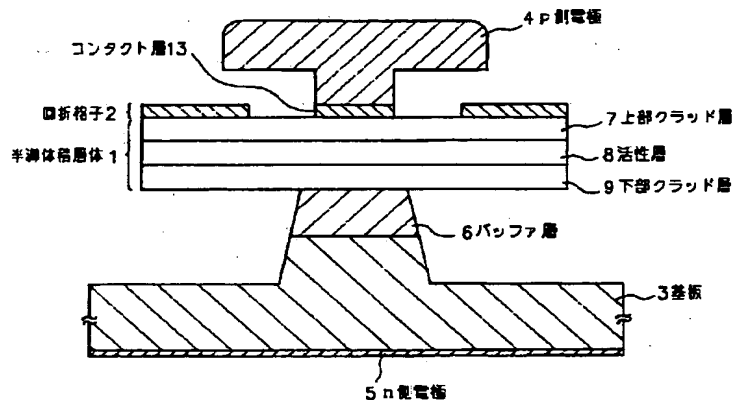
【図2】図1の装置のp側電極を取り除いた状態の平面図

【図3】図1の装置の斜視図

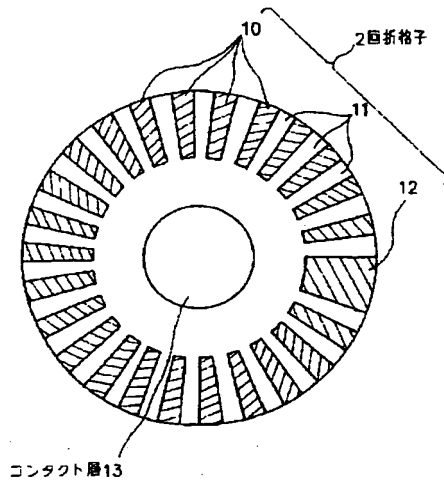
【符号の説明】

1…半導体積層体、2…回折格子、3…基板、4…p側電極、5…n側電極、6…バッファ層、7…上部クラッド層、8…活性層、9…下部クラッド層、10…InGaAsP層領域、11…InGaAsP層除去領域、12…反射面形成領域、13…コンタクト層。

【図1】

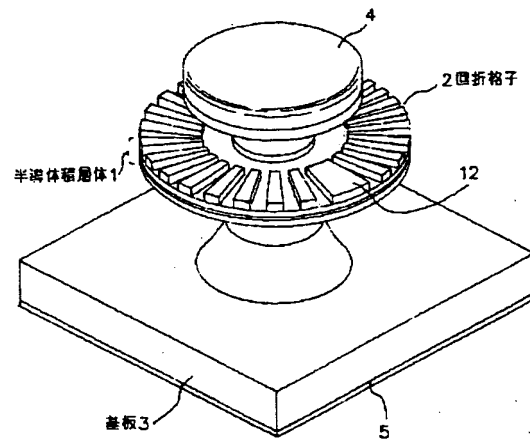


【図2】



10: InGaAsP 層領域
 11: InGaAsP 層除去領域
 12: 反射面形成領域

【図3】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.